La eficiencia productiva como indicador de desempeño empresarial

OTTO SUÁREZ R.
Universidad Tecnológica Equinoccial – Extensión Santa Elena
Correo electrónico: otto.suarez@ute.edu.ec

RECIBIDO: 25 marzo 2014 / **APROBADO:** 22 mayo del 2014

Resumen

Este artículo presenta el concepto de eficiencia productiva como una herramienta para determinar el desempeño productivo de una empresa, enfocándose en la definición y medición de la eficiencia técnica como una buena aproximación de la eficiencia productiva. Iniciando con una revisión conceptual, se enfatiza la importancia de analizar la eficiencia técnica para que las unidades productivas puedan disponer de una herramienta adicional, además de los indicadores económicos y financieros convencionales, que les permita conocer su desempeño técnico productivo. Además se aborda de forma resumida los principales métodos que se utilizan para la medición de la eficiencia técnica, así como las aplicaciones que la herramienta puede tener en diferentes campos de la actividad productiva. El artículo busca motivar el interés y la investigación en el tema de la eficiencia de manera que pueda plasmarse en proyectos de aplicabilidad a la realidad productiva empresarial.

PALABRAS CLAVE: eficiencia técnica, desempeño productivo

Abstract:

This article presents the concept of productive efficiency as a tool to determine the productive performance of a firm, focusing on the definition and measurement of technical efficiency as a proxy of productive efficiency. Starting with a review of some concepts, emphasis is placed on the importance of analyzing technical efficiency so that the units of production can have an additional tool, in addition to the conventional economic and financial indicators, that allows them to assess their technical and productive performance. The main methods used for the measurement of technical efficiency are also succinctly reviewed, as well as the potential applications of the tool in different fields of production. The article expects to foster interest and research in the topic of efficiency that would lead to projects that can be applied to current productive issues at firms´ level.

KEYWORD: technical efficiency, productive performance.

CLASIFICACIÓN JEL: D21, D24

Introducción

Es muy común escuchar en el habla cotidiana que tal persona o empresa es más eficiente que otra o que si queremos ser competitivos debemos ser eficientes, pero ¿qué significa ser eficiente? En términos simples, ser eficiente significa aprovechar al máximo los recursos que uno dispone para obtener algo, noción que puede aplicarse tanto en las actividades productivas como en toda actividad que realicemos, incluyendo las profesionales o incluso las personales, por ejemplo, en función del tiempo (sin duda el recurso más valioso) que dedicamos a nuestras actividades. Una noción a simple vista sencilla pero evidentemente importante, todos queremos ser eficientes y el empresario con más razón, pues los recursos le cuestan y proveer un bien o servicio es una función social que busca satisfacerla al menor costo posible.

A pesar de su importancia, la utilización de la eficiencia como indicador de desempeño empresarial es casi inexistente, al menos en nuestro medio. Cuando se trata de medir el desempeño de una empresa es la norma usar indicadores de carácter financiero cuyo uso es generalizado. Sin embargo, el éxito económico de una empresa va más allá de lo financiero, implica también el aspecto productivo per sé, pues es a este nivel donde se toman decisiones críticas como la eficiente asignación de los factores productivos para obtener una cantidad determinada de producto. En este sentido, es la tendencia recurrir a indicadores de productividad que evalúan el rendimiento de los factores productivos en forma individual o conjunta, pero los mismos poco nos dicen sobre cuán eficiente puede ser una empresa para que con el mismo acervo de factores obtener la máxima producción posible o alcanzar una producción determinada con la mínima cantidad de recursos productivos.

En general se puede argumentar que no existe un uso sistemático de indicadores de eficiencia de una manera formal, teóricamente coherente e integral, que abarque todo un proceso de producción con sus insumos y productos. El problema radica en entender la real dimensión y alcance del concepto de eficiencia y en cómo medirlo. A diferencia de los indicadores financieros, cuyo cálculo es relativamente fácil a partir de las cifras contables de la empresa, el cálculo de los indicadores de eficiencia involucra no solamente cifras contables sino parámetros técnicos que relacionan insumos y productos. Estimar estos parámetros requiere el conocimiento técnico-operativo del proceso productivo y la capacidad para modelar económicamente los objetivos empresariales. Es esto básicamente lo que limita el uso de los indicadores de eficiencia de ahí que, al menos en nuestro medio empresarial, tengan poca acogida y por ende poca aplicación práctica.

En esa línea y sin menoscabar la utilidad e importancia de los indicadores financieros convencionales, este ensayo pretende rescatar el concepto de eficiencia y realizar un recuento de las metodologías utilizadas y sus aplicaciones. El fin último es motivar el interés y la investigación en este tema y que se generen proyectos para su aplicación en diversos campos del quehacer productivo.

El concepto de eficiencia

El diccionario Espasa Calpe (2005) define eficiencia como la "capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles". Implícitamente, esta

definición tiene una connotación económica pues, en general, la eficiencia busca lograr un objetivo trazado con el menor uso de recursos o con el mismo acervo de recursos lograr más allá de lo propuesto. En teoría económica esto es congruente con el problema de la escasez y constituye uno de los paradigmas clásicos al que se enfrentan todos los agentes económicos.

Desde un punto de vista microeconómico, el concepto de eficiencia como tal tiene varias dimensiones y ha sido objeto de estudio por lo menos en los últimos 50 años. Véanse al respecto las compilaciones realizadas por Romeu (2011) y Murillo (2002).

Cuando se trata exclusivamente de la relación física entre producción y factores productivos utilizados, se habla de "eficiencia técnica" cuando una empresa logra la mayor producción posible por unidad de factor teniendo en cuenta la tecnología disponible. Si se toman en cuenta los costos de los factores y éstos se utilizan de manera tal que se minimiza el costo de producir un producto, se habla de "eficiencia asignativa". Cuando se dan ambas eficiencias se habla de "eficiencia productiva" en cuanto al uso y distribución eficiente de recursos dentro de una empresa.

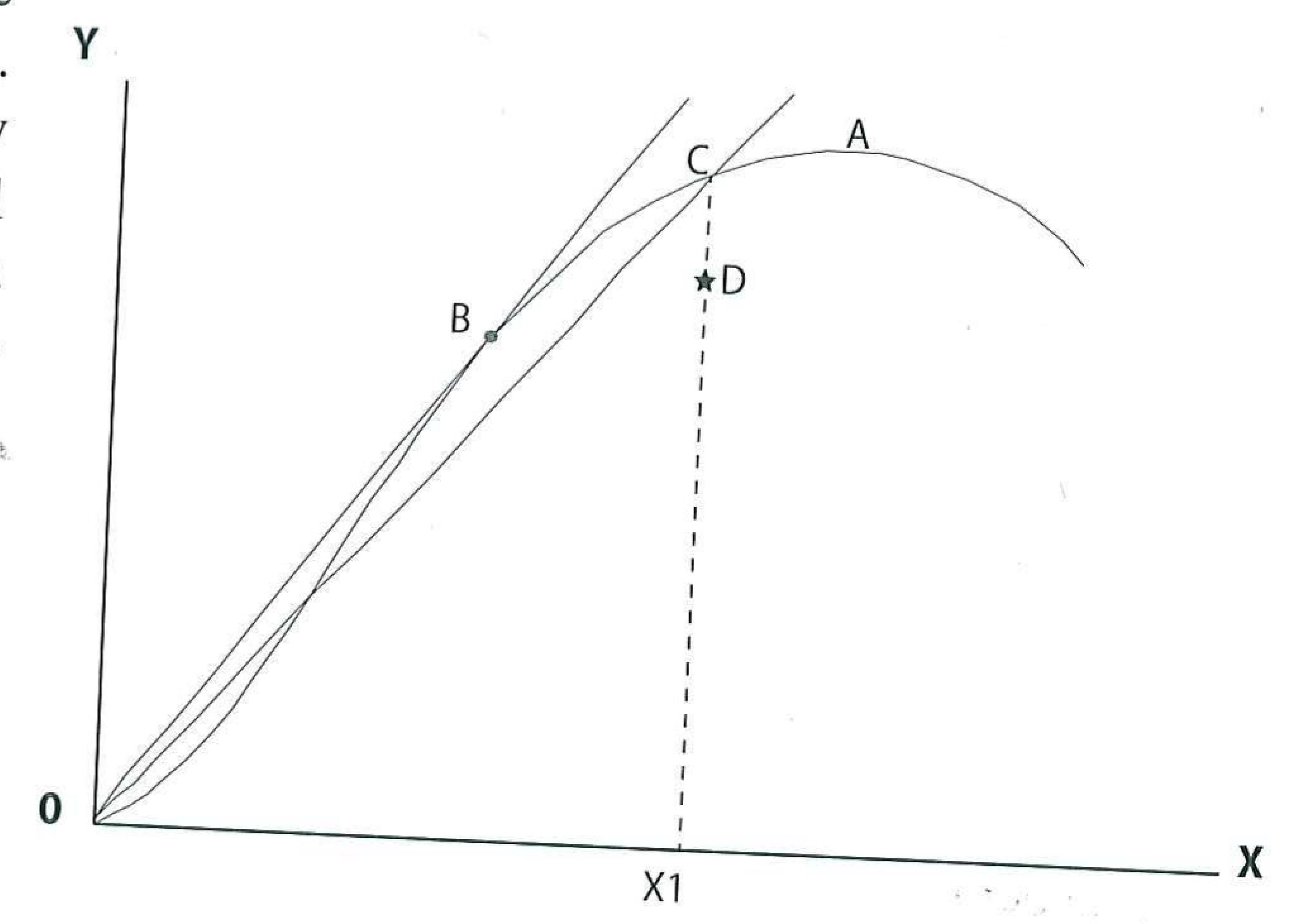
Ahora bien, no es difícil entender que si una empresa es técnicamente eficiente también lo es en la asignación de sus factores, aunque lo contrario no necesariamente sea verdad, por lo tanto es condición sine qua non para lograr la eficiencia productiva, alcanzar la eficiencia técnica, por esto motivo este ensayo se centra en la dimensión básica del concepto: la eficiencia técnica.

Una digresión adicional, a veces se tiende a confundir el término productividad con eficiencia.

La productividad no es más que el rendimiento en términos de producto por unidad de uso de factor productivo y es relativamente fácil de medir. La empresa busca incrementar la productividad de todos sus factores, lo que se conoce como "productividad total de los factores", es decir que cada vez produzcan más producto, pero sólo habrá un nivel de uso de factores que permita obtener la máxima productividad. Por otro lado, a cualquier nivel de uso de factores es factible obtener la máxima producción posible, lo cual es una medida de la eficiencia técnica, si una empresa no alcanza esta máxima producción se dice que es ineficiente. Se deduce entonces que una empresa es eficiente cuando a cada nivel de uso de factor alcanza la máxima producción posible pero solo a un nivel de uso de factor alcanzará la máxima productividad. Estas diferenciaciones pueden aclararse en la Figura 1.

Figura 1.

Productividad y Eficiencia Técnica



Fuente: Lema & Brescia (2001)
Elaboración: El autor

La figura ilustra una función de producción (Y) con un factor variable (X) que se puede generalizar a un set de factores variables de producción y en donde otro set de factores permanece fijo, la forma de esta curva se asimila a lo que físicamente ocurre con la producción de cualquier bien sometida a la rigidez que imponen los factores fijos y los rendimientos decrecientes que de por "ley" aparecerán. El punto A

es el producto total máximo que se puede alcanzar con una tecnología dada, el punto B representa en cambio la productividad máxima que se pueda alcanzar, la cual se mide con un rayo trazado desde el origen a la curva de producto. Se puede apreciar que a partir de este punto la productividad empieza a disminuir, así en un punto C la productividad es menor que en B. Para entender la diferencia entre productividad y eficiencia, supongamos que se utilizan X1 unidades de factor variable X, cuando una firma es técnicamente eficiente produce en el punto C, es decir lo máximo que pueda producir dada la tecnología disponible así como otros factores inherentes a la empresa, en cambio es ineficiente si usando la misma cantidad de factor variable X1 lo más que puede producir es en el punto D, por debajo del nivel máximo que potencialmente puede alcanzar, obviamente en dicho punto la productividad es menor que en el punto C, es fácil deducir que a medida que aumenta su eficiencia también incrementa la productividad. Generalizando, cualquier punto sobre la curva de producción es un punto técnicamente eficiente y cualquier punto por debajo es ineficiente.

El supuesto básico es que existe una tecnología dada. Una mejora tecnológica permite delinear una curva de producción más alta con mayores niveles de productividad, pero esto no necesariamente aumenta la eficiencia porque dependerá de la capacidad que tenga la empresa para alcanzar los mayores niveles de producción que ahora son posibles con la mejora tecnológica. En la Figura 1., una mejora tecnológica se representaría con un desplazamiento hacia arriba de la curva de producción, es decir que a cada nivel de factor es factible obtener mayor producción, pero una empresa ineficiente que opera en D no necesariamente aumentará su producción y puede que permanezca en D a pesar de la mejora tecnológica, incrementándose más bien la "distancia" que la separa del nivel de producción eficiente.

Esto nos lleva a uno de los principios básicos para medir la eficiencia técnica. La curva de producción, al representar la máxima producción posible a cada nivel de uso de factor con una tecnología dada, se constituye en una frontera productiva. Esto implica que si todas las firmas en una determinada industria o sector producen bajo similares condiciones tecnológicas y con sets de factores homogéneos deberían en teoría producir en algún punto sobre la curva de producción, de ser así todas serían técnicamente eficientes. En la realidad esto no ocurre ya que un buen número de firmas produce por debajo de la curva, es decir son ineficientes. Las medidas de eficiencia o más bien de "ineficiencia" vendrían dadas por algún índice o indicador de la distancia entre la producción real y la producción "ideal" representada por la frontera de producción.

Importancia de analizar la eficiencia y sus determinantes

Luego de lo presentado, la pregunta que subyace es ¿qué determina que una empresa sea ineficiente?, ¿por qué, si dispone de similares tecnología y base de recursos como las demás, no logra alcanzar la frontera de producción? En esto tienen que ver, por un lado, situaciones de carácter netamente aleatorios, es decir que no son controlables, lo cual depende en gran parte de la actividad, por ejemplo la agricultura y otras actividades primarias de producción están sujetas a factores tales como el clima, suelo, eventos no predecibles, etc., pero también hay otros factores que no son aleatorios, entre estos están las capacidades gerenciales, la capacitación y entrenamiento, la experiencia, aspectos socioeconómicos como edad y educación e incluso aspectos actitudinales. Son estos factores no aleatorios los que nos deben preocupar pues en ellos radican las razones detrás de la ineficiencia empresarial.

Esto adquiere particular relevancia para economías subdesarrolladas o en desarrollo donde los recursos tienden a ser más limitados y el desarrollo y adopción de tecnologías innovadoras no son generalizados. Como se revisó, es factible aumentar los niveles de

productividad mejorando la eficiencia técnica sin necesidad de acrecentar la base de recursos o aplicar nuevas tecnologías.

Además, el bienestar económico depende en mucho de la eficiencia con la que una sociedad como un todo alcance sus objetivos de desarrollo, lo que a su vez depende de las actuaciones individuales de los diferentes actores. En la medida que seamos capaces de identificar y explicar los factores causantes de las ineficiencias y que apliquemos las políticas adecuadas para superarlos, estaremos en capacidad de funcionar mejor como sociedad y alcanzar niveles mayores de eficiencia y bienestar.

¿Cómo se mide la eficiencia técnica?

Desde que el concepto de eficiencia técnica empezó a tratárselo formalmente desde un punto de vista teórico y metodológico, han sido algunas las metodologías propuestas para su medición. Existe una profusa literatura sobre este tópico así como revisiones exhaustivas de las diferentes metodologías[1]. Este artículo presenta de manera resumida las principales metodologías utilizadas, sus ventajas y limitaciones. Ya vimos en el análisis de la Figura 1., que la distancia entre los puntos C y D cuando se utilizan X1 unidades de factor variable nos da una medida del grado de ineficiencia de una empresa determinada. Entonces lo que se trata es de ubicar una referencia de donde debe producir una firma, esto es C, dicha referencia se compara con el resultado real del proceso productivo, esto es D, y esta relación nos daría una medida de cuán eficiente es el proceso (Romeu, 2011). El grado de eficiencia sería la razón entre el segmento X1D y el segmento X1C, cuando una empresa es eficiente la razón de eficiencia sería uno, son raros los casos que las empresas tengan el 100% de eficiencia, la mayoría se ubican por debajo de la frontera, con niveles de eficiencia que van entre 0 y 1. El concepto de frontera presupone que no es factible tener observaciones por encima de la misma, sería técnicamente imposible.

Esta metodología conocida como métodos de frontera ha sido una de las más utilizadas para estimar la eficiencia técnica y en particular las fronteras de producción, ya que también se pueden utilizar fronteras de costos donde en cambio se trata de producir con el mínimo costo posible, pero este enfoque es más usado para el cálculo de la eficiencia asignativa, una empresa ineficiente estaría produciendo por encima de la curva de costos.

Para la estimación de fronteras se utilizan básicamente dos métodos: los paramétricos y los no paramétricos.

Métodos paramétricos

Los métodos paramétricos requieren la especificación de formas funcionales que modelen la relación entre los factores productivos y el producto. Los parámetros de estas formas funcionales se estiman a partir de las observaciones de la realidad utilizando técnicas econométricas.

Uno de los primeros métodos econométricos en utilizarse fue el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), que consistía en estimar una función promedio de producción pero que al ser promedio en realidad no era una frontera de producción, ya que podían darse observaciones tanto por encima como por debajo de la curva, dificultando el cálculo de los niveles de eficiencia.

Partiendo del método de MCO y con el fin de darle un carácter de frontera a la función estimada, se propuso "desplazar" la curva hacia la firma con mejor desempeño, este método se denominó Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos (MCOC). Con este método, al quedar todas las observaciones por debajo de la frontera de producción era ya posible estimar la ineficiencia técnica como la distancia entre la frontera de producción y la producción observada. Esto sin duda constituyó un gran avance en la medición de la

[1] Al respecto, pueden revisarse las reseñas realizadas por Erkoc (2012), Porcelli (2009), Murillo-Zamorano (2004) y Coelli (1995).

eficiencia, sin embargo, este método asume que toda esta distancia corresponde a ineficiencia técnica, por este motivo los modelos econométricos obtenidos de esta forma se los categorizó como "modelos determinísticos"[2].

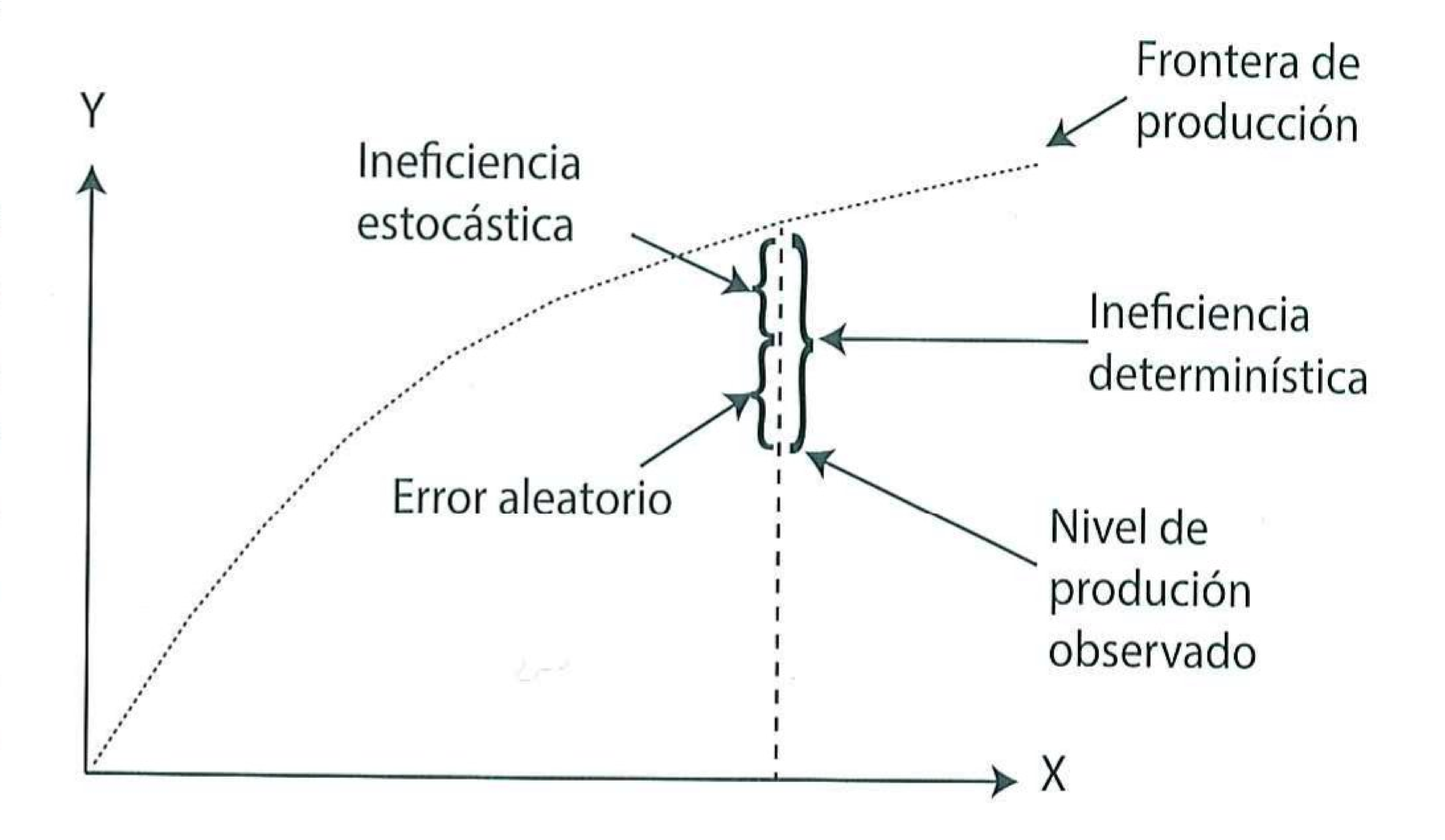
Habíamos dicho que la ineficiencia técnica depende no solo de factores controlables, como las capacidades gerenciales de la empresa, sino también de factores aleatorios, como el clima, entonces es de suponer que la distancia entre lo observado y lo "ideal" se puede descomponer en dos partes: una atribuible a la ineficiencia per sé y otra atribuible a lo que en estadística se conoce como ruido aleatorio. En la medida que sea factible separar estos componentes, se puede estimar con mayor exactitud la eficiencia técnica.

Esto se pudo lograr mediante el método de Análisis de Fronteras Estocásticas (AFE) que facilitan una medición más objetiva de la eficiencia al garantizar que todas las observaciones estén por debajo de la frontera de producción. Fueron Aigner, Lovell & Schmidt (1977) y Jondrow, Lovell, Materov & Schmidt (1982) quienes sentaron las bases teóricas de los modelos de frontera de producción estocásticos y del correspondiente cálculo de la ineficiencia técnica de las unidades productivas.

El AFE permite separar las desviaciones debidas al ruido estadístico y las debidas a la ineficiencia técnica y además demostrar en forma rigurosa hipótesis relacionadas con la estructura de la tecnología y la significación estadística de los índices de ineficiencia.

La Figura 2. ilustra las diferencias entre el método estocástico y el determinístico.

Figura 2.
Método Estocástico vs. Determinístico



Fuente y elaboración: Lema (s.f.)

Son varias las referencias bibliográficas sobre el AFE y sus aplicaciones, algunas de las cuales nos remitiremos en la siguiente sección.

Métodos no paramétricos

Los métodos no paramétricos no necesitan establecer una forma funcional predeterminada que relacione factores y productos, solo se necesita definir ciertas condiciones que deben cumplir las observaciones de producción, de forma tal que los datos queden "envueltos" por una frontera.

Los modelos no paramétricos se desarrollan a partir de técnicas de programación lineal, entre las cuales destaca el Análisis Envolvente de Datos (AED). Esta técnica consiste en básicamente construir una superficie o frontera sobre los datos observados, creándose una envolvente que no tiene ninguna forma funcional específica, pero que en cambio satisface una función objetivo (por ejemplo maximizar la producción) sujeta a una serie de restricciones productivas. De esta forma, la eficiencia de cada unidad productiva se calcula con relación a

[2] Este método y sus aplicaciones pueden revisarse en Ali y Chaudhry (1990) y Alvarez, Belknap y Saupe (1988).

la envolvente, donde se ubican las unidades con las "mejores" prácticas[3].

Si comparamos en términos generales los métodos paramétricos versus los no paramétricos, los primeros tienen la ventaja de que al aplicarse técnicas econométricas es factible probar hipótesis sobre los parámetros obtenidos y la significancia estadística de las variables consideradas en el modelo, además de que al permitir separar la ineficiencia técnica de los efectos puramente aleatorios, es posible incorporar variables explicativas de dicha ineficiencia, no obstante una de las principales limitaciones de estos métodos es la sensibilidad de los resultados a la forma funcional que se especifique para la tecnología de producción en estudio.

Esto último por su parte se convierte en la mayor ventaja de los métodos no paramétricos, en el sentido de que no imponen restricciones paramétricas a la tecnología de producción analizada, sin embargo, tienen como principales desventajas el que no es factible realizar inferencias estadísticas sobre los resultados obtenidos y que al no identificar los errores aleatorios atribuye toda la distancia del dato observado a la envolvente a la ineficiencia técnica, es decir es un método determinístico.

Dadas las ventajas y desventajas que tienen estos métodos, no se puede categóricamente afirmar que uno sea mejor que otro, todo depende del estudio específico en cuestión, la disponibilidad y calidad de la información, el conocimiento de la tecnología, la disponibilidad de software, entre otros aspectos. No obstante, existe una preferencia generalizada hacia el uso de los métodos paramétricos, en particular el AFE, por la forma relativamente directa de aplicar las técnicas econométricas cuando se dispone de la cantidad suficiente de datos y sobre todo porque segrega las desviaciones debidas puramente a los factores aleatorios, que no lo hace el AED, lo cual es particularmente relevante para la estimación de la eficiencia técnica en actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la pesca, por su inherente variabilidad debido al clima, plagas, enfermedades, condiciones naturales, en definitiva debido a su misma naturaleza biológica (Coelli & Battese, 1996).

Aplicaciones

Atendiendo la preferencia hacia el método del AFE, esta sección hace referencia a algunas de las aplicaciones de este método en los últimos años, lo cual permitirá inferir las potenciales aplicaciones que podría tener en el ámbito de los sectores productivos locales y nacionales.

Al respecto, cabe mencionar que en el Ecuador es casi inexistente el trabajo desarrollado en la estimación de la eficiencia técnica mediante los métodos expuestos, sin embargo algo de investigación se ha desarrollado fuera del país, tal es el caso del estudio realizado por Bailey, Biswas, Kumbhakar & Schulties (1989) sobre la estimación de ineficiencias en explotaciones lecheras en Ecuador.

La mayoría de las aplicaciones han sido en el sector agropecuario, precisamente por las ventajas de aplicar el AFE en este sector como se explicó en la sección anterior. En cuanto al alcance geográfico, el AFE se ha aplicado en diversas regiones y países del mundo, aunque con una mayor preponderancia en países subdesarrollados o en desarrollo. Por ejemplo, se pueden mencionar los estudios realizados con productores de cacao en Ghana (Kyei, Foli & Ankoh, 2011), de arroz en Tailandia (Songsrirote & Singhapreecha, 2007) y de papa en Chile (Santos, Foster, Ortega & Ramírez, 2006).

También se han hecho estudios en el sector pesquero, donde se pueden mencionar los realizados en Tanzania con pequeños pescadores (Sesabo & Tol, 2007) y en Malasia con la pesca artesanal de redes de transmallo (Squires, Grafton, Alam & Omar, 2002).

[3] Para una revisión del AED, se puede consultar Barrios (2007) y Murillo (2002).

No obstante el uso frecuente en la actividad agropecuaria y en países no desarrollados, también se pueden encontrar varios estudios aplicados en diversos sectores productivos incluso de servicios y en países desarrollados. Como muestra podemos mencionar los siguientes: industria manufacturera en México (Bernal, s.f.), servicios hospitalarios en Colombia (Sarmiento, Castellanos, Nieto & Alonso, 2006) y producción porcina en Estados Unidos (Ben-Belhassen & Womack, 2000).

Los estudios citados estiman las fronteras de producción y los niveles de eficiencia correspondientes a un período de tiempo específico, es decir se basan en datos de corte transversal y normalmente sirven para comparar el desempeño relativo de las unidades productivas. Pero también se pueden aplicar a varios períodos, para lo cual es necesario contar con datos de panel, esto es útil cuando además de comparar el desempeño de las unidades productivas se quiere analizar cómo los niveles de eficiencia varían con el tiempo, es factible incluso incorporar parámetros indicativos del cambio tecnológico para analizar como éste influye en la eficiencia y productividad a largo plazo. Como referencia, se pueden mencionar los estudios sobre apicultura en Argentina (Lema & Delgado, 2000) y el aplicado a equipos de fútbol en Alemania (Frick & Lee, 2011).

Luego de esta breve revisión, se puede destacar la versatilidad del método en cuanto a su vasta aplicabilidad, incluso en el deporte, como el estudio mencionado en el párrafo anterior, y en varios tipos de economías y países, de manera que, a pesar del tiempo transcurrido desde que empezó a aplicarse en los años ochenta, el campo de investigación en este tema sigue siendo amplio y con interesantes perspectivas al ir incorporando nuevas temáticas como la eficiencia energética y medioambiental, la inclusión de las TICs y otros aspectos de interés actual.

Conclusiones

El enfoque de fronteras de producción no es la única metodología que pretende medir la eficiencia productiva, existen otros métodos igualmente válidos que pueden aplicarse. En la práctica, el empresario promedio tiende a poner más énfasis en la medición de la productividad, aunque con un enfoque parcial, es decir se estiman rendimientos de factores productivos individuales, lo cual no permite evaluar el proceso productivo como un todo que sería lo deseable, en todo caso es a veces lo más lejos que se llega en nuestro medio al evaluar el desempeño técnico y productivo de una empresa. Vergés (2012) e IBNET (s.f.) presentan una revisión pormenorizada y actual de las metodologías disponibles, como alternativas a los métodos repasados en este artículo.

Si bien el concepto de eficiencia técnica como tal no es algo nuevo, es necesario entender el alcance del mismo y asimilarlo no sólo como un parámetro más del desempeño empresarial sino como un elemento crítico sobre el cual se sostiene en gran parte el éxito o fracaso de una empresa. En ese sentido, la metodología aquí expuesta permite estimar los niveles de eficiencia técnica y cómo ciertos factores como los gerenciales, formativos y socioeconómicos influyen sobre los niveles de ineficiencia estimados y en esto radica precisamente la relevancia para potenciales aplicaciones en situaciones reales donde existen serios desniveles productivos que merman la rentabilidad y competitividad de las empresas.

Referencias bibliográficas

- Aigner, D., Lovell, C.A.K. & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics* 6(1977): 21-37.
- Ali, M. & Chaudhry, M.A. (1990). Inter-regional Farm Efficiency in Pakistan´s Punjab: A Frontier Production Function Study. *Journal of Agricultural Economics*: 41(1): 62-73.
- Alvarez, A., Belknap, J. & Saupe, W. (1988). Eficiencia Técnica de Explotaciones Lecheras. *Revista de Estudios Agro-Sociales* 145: 143-156.
- Bailey, D., Biswas, B., Kumbhakar, S.C. & Schulties, B.K. (1989). An Analysis of Technical, Allocative, and Scale Inefficiency: The Case of Ecuadorian Dairy Farms. *Western Journal of Agricultural Economics* 14(1): 30-37.
- Barrios, G. (2007). La medición de la eficiencia técnica mediante el Análisis Envolvente de Datos. *Contribuciones a la Economía,* octubre 2007. Recuperado de http://www.eumed.net/ce/2007c/gybc-a.htm.
- Ben-Belhassen, B. & Womack, A. (2000). *Measurement and Explanation of Technical Efficiency in Missouri Hog Production.* The Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI), University of Missouri-Columbia. Ponencia presentada en la Reunión Anual del American Agricultural Economics Association, 30 julio - 2 agosto 2000, Tampa, Florida, EE.UU.
- Bernal, L. (s.f.). Fronteras de producción estocásticas y eficiencia técnica en la industria manufacturera mexicana. *Gaceta de Economía* 15(26): 53-94. Recuperado de http://home.uchicago.edu/~/lebernal/Bernal%202009%20Gaceta%20de%20Economia.pdf
- Coelli, T. & Battese, G. (1996). Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. *Australian Journal of Agricultural Economics* 40(2): 103-128.
- Coelli, T.J. (1995). Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement. *Australian Journal of Agricultural Economics* 39(3): 219-245.
- Diccionario de la lengua española Espasa Calpe (2005). Disponible en: http://www.wordreference.com/definicion/
- Erkoc, T. (2012). Estimation Methodology of Economic Efficiency: Stochastic Frontier Analysis vs Data Envelopment Analysis. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences* 1(1).
- Frick, B. & Lee, Y.H. (2011). Temporal variations in technical efficiency: evidence from German soccer. *Journal of Productivity Analysis* 35(1):15–24. DOI 10.1007/s11123-010-0175-1
- González, E. (s.f.). Medición y descomposición de la eficiencia técnica mediante métodos no paramétricos. Aplicación a la producción de leche en Asturias. Tesina presentada a la Universidad de Oviedo.
- IBNET: La Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento (s.f.). Comparaciones de Desempeño. Recuperado de https://www.ib-net.org/sp/texts.php?folder_id=51&mat_id=40&L=&S=&ss.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S. & Schmidt, P. (1982). On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of Econometrics* 19(1982): 233-238.
- Kyei, L., Foli, G. & Ankoh, J. (2011). Analysis of factors affecting the technical efficiency of cocoa farmers in the Offinso district – Ashanti region, Ghana. *American Journal of Social and Management Sciences* 2(2): 208-216.
- Lema, D. & Brescia, V. (2001). *Medición del cambio tecnológico, la productividad y la eficiencia en el sector agropecuario.* Instituto de Economía y Sociología – INTA. Ponencia presentada en el Taller Internacional "La Modelización en el Sector Agropecuario", junio 2001, Buenos Aires, Argentina.
- Lema, D & Delgado, G. (2000). Productividad y fuentes de eficiencia técnica en apicultura: estimación de fronteras estocásticas de producción con datos de panel. Instituto de Economía y Sociología – INTA. Trabajo de Investigación presentado para la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Rosario 2000. Recuperado de http://inta.gob.ar/documentos/productividad-y-fuentes-de-eficiencia-tecnica-

en-apicultura-estimacion-de-fronteras-estocasticas-de-produccion-con-datos-de-panel/at_multi_download/file/apicultura.pdf.

- Lema, D. (s.f.). *Tópicos de Econometría Aplicada Eficiencia Productiva y Cambio Tecnológico Modelos de Fronteras Estocásticas.* Material de clase. Recuperado de http://www.ucema.edu.ar/~dl/CURSOS/Topicos_de_Econometria_Aplicada_-_MAE/Eficiencia_Modelos_de_Fronteras_estocasticas.ppt.
- Murillo, C. (2002). *Contribuciones al Análisis Estocástico de la Eficiencia Técnica mediante Métodos no Paramétricos.* Tesis presentada a la Universidad de Cantabria, España, Departamento de Economía. Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10630/TesisCMM.pdf;jsessionid=C96E745340B61F4A79070454C2ADC096.tdx2?sequence=1
- Murillo-Zamorano, L. (2004). Economic Efficiency and Frontier Techniques. Journal of Economic Surveys 18(1): 33-76.
- Porcelli, F. (2009). Measurement of Technical Efficiency. A brief survey on parametric and non-parametric techniques. Recuperado de http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/phd_students/porcelli/porcelli_dea_sfm.pdf
- Romeu, A (2011). *Eficiencia Técnica. Su medición.* Monografía Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Ciencias Económicas. Recuperado de http://www.monografias.com/trabajos88/eficiencia-tecnica-su-medicion/eficiencia-tecnica-su-medicion.shtml#ixzz2lxh9TvRQ
- Santos, J., Foster, W., Ortega J. & Ramírez, E. (2006). Estudio de la Eficiencia Técnica de Productores de Papas en Chile: El Rol del Programa de Transferencia Tecnológica del INDAP. *Economía Agraria* 10: 119-132.
- Sarmiento, A., Castellanos, W., Nieto, A. & Alonso, C. (2006). Análisis de eficiencia técnica de la red pública de prestadores de servicios. *Revista Gerencia y Políticas de Salud* 11: 70-95. Recuperado de http://rev_gerenc_polit_salud.javeriana.edu.co/vol5_n_11/estudios_2.pdf
- Sesabo, J.K. & Tol, R.S.J. (2007). Technical efficiency of small-scale fishing households in Tanzanian coastal villages: an empirical analysis. *African Journal of Aquatic Science* 32(1): 51-61. Recuperado de http://dare.ubvu.vu.nl/bitstream/handle/1871/39478/204351.pdf?sequence=1
- Songsrirote, N. & Singhapreecha, C. (2007). Technical Efficiency and its Determinants on Conventional and Certified Organic Jasmine Rice Farms in Yasothon Province. *Thammasat Economic Journal* 25(2): 96-133.
- Squires, D., Grafton, R.Q., Alam, M.F. & Omar, I.H. (2002). Technical *Efficiency in the Malaysian Gill Net Artisanal Fishery.* Discussion Paper 98-26, Dept. of Economics, University of California, San Diego.
- Vergés, J. (2012). *Eficiencia empresarial comparativa: Indicadores y técnicas de análisis para la evaluación de la eficiencia de entidades productivas.* Universitat Autònoma de Barcelona, Departamento de Economía de la Empresa.